# La nueva forma de fabricar **espacio**

CATEC

ecoaero

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE CIENCIA, INNOVACIÓN Y UNIVERSIDADES

CDTI INNOVACIÓN

Financiado por la Unión Europea
NextGenerationEU

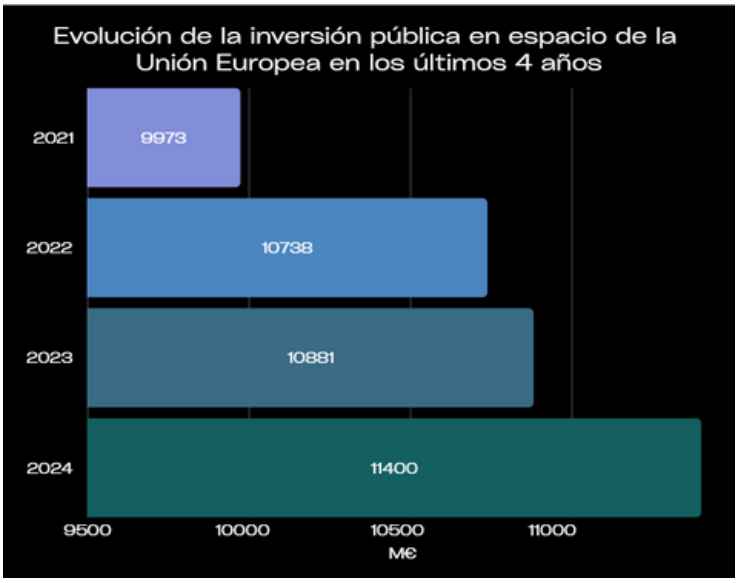
Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

Septiembre de 2025

# El sector **Espacio**

El espacio siempre ha sido un territorio de exploración y descubrimiento, pero en las últimas dos décadas ha experimentado también un profundo cambio económico y tecnológico. El llamado **"New Space"** ha transformado un ámbito tradicionalmente reservado a grandes agencias en un ecosistema más abierto, donde conviven instituciones públicas, empresas privadas de todos los tamaños y centros de investigación. En este nuevo panorama, la reducción de costes y el desarrollo de tecnologías disruptivas se han convertido en claves para sostener el **creciente número de misiones y proyectos que orbitan alrededor de la Tierra o se preparan para llegar más lejos.**

En Europa, este auge se ha reflejado tanto en los presupuestos de la Agencia Espacial Europea (ESA) como en las iniciativas nacionales y regionales. El interés no solo viene de la mano de las instituciones: empresas emergentes, universidades y consorcios industriales participan cada vez más en proyectos espaciales, apoyados por programas como Horizon Europe, así como en un número creciente de iniciativas comerciales privadas. El sector ha dejado de ser percibido como algo lejano para pasar a integrarse en la conversación pública, vinculado a la innovación, la sostenibilidad y la soberanía tecnológica. Esta mayor visibilidad ha contribuido a **incrementar la inversión pública y privada en tecnologías de vanguardia.**



*Fuente: ASD-Eurospace: Facts & Figures 2022, 2023 y 2024*

Dentro de esas tecnologías, la Fabricación Aditiva (FA) —conocida popularmente como **impresión 3D— se ha consolidado como una de las más útiles.** Aunque comenzó fabricando prototipos de plástico, su evolución hacia el uso de metales resistentes ha abierto un abanico de posibilidades para el sector espacial. **Componentes de motores de cohetes, piezas estructurales de satélites o elementos de antenas** ya se producen mediante estas técnicas, con una precisión y robustez que rivalizan con los métodos tradicionales de fabricación.

La principal ventaja es que, gracias a que permite diseñar geometrías complejas imposibles de lograr con métodos convencionales, **la Fabricación Aditiva metálica consigue piezas más ligeras y con igual o mayor resistencia mecánica**. En un sector donde cada kg de masa que viaja al espacio puede suponer decenas de miles de euros adicionales, reducir peso implica **abaratar costes de lanzamiento y aumentar la carga útil disponible** para instrumentos científicos o sistemas de comunicaciones. A esto se suma una drástica reducción de tiempos de producción, que pasa de meses a semanas en determinados casos. Asimismo, es reseñable destacar que la fabricación aditiva permite la fabricación de piezas con funcionalidades avanzadas en telecomunicaciones (antenas, guías de ondas, bocinas, etc.) o para intercambio de calor (cámaras de vapor y otros medios de disipación térmica) con geometrías que resulta sumamente difícil conseguir con otras técnicas constructivas.

Empresas europeas como AIRBUS, ArianeGroup o Thales Alenia Space ya han integrado componentes metálicos impresos en 3D en motores y satélites. Los inyectores de combustible, por ejemplo, se han beneficiado de diseños optimizados que reducen piezas ensambladas en docenas de elementos a un solo componente fabricado aditivamente. También se han producido soportes de antenas y estructuras internas de satélites con este método, lo que ha contribuido a aligerar peso y simplificar procesos.

El interés no se limita a la Tierra. La fabricación aditiva es esencial para permitir el concepto de 'Utilización de Recursos In-Situ' (In-Situ Resource Utilization' o ISRU) que representa un elemento clave para poder escalar la exploración espacial de manera sostenible. Existen diferentes iniciativas en esta línea, como el uso de regolitos lunares para la construcción en este satélite, que son sumamente prometedoras.

La **Agencia Espacial Europea**, en colaboración con AIRBUS y la empresa AddUp, ha desarrollado el proyecto Metal3D[1,2], cuyo objetivo es imprimir piezas metálicas en microgravedad a bordo de la Estación Espacial Internacional. Poder fabricar en órbita significa que, en el futuro, las tripulaciones no tendrán que llevar repuestos de todas las piezas posibles, sino que podrán producirlas a demanda, optimizando recursos y mejorando la autonomía de las misiones de larga duración. En paralelo, hay iniciativas de empresas emergentes que están trabajando con la ESA en tecnologías de Fabricación Aditiva de gran formato aplicables a estructuras espaciales.

> **"With the printing of the first metal 3D shape in space, ESA Exploration teams have achieved a significant milestone in establishing in-orbit manufacturing capabilities. This accomplishment, made possible by an international and multidisciplinary team, paves the way for long-distance and long-duration missions where creating spare parts, construction components, and tools on demand will be essential."**
>
> Daniel Neuenschwander — Director de Human and Robotic Exploration, ESA [3]

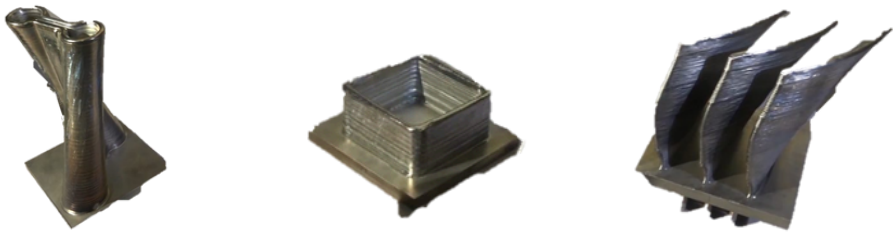
Hoy, el estado del arte muestra una tecnología en plena maduración. Desde la validación de componentes impresos en cohetes hasta la llegada de los primeros prototipos de impresoras metálicas en el espacio, la Fabricación Aditiva metálica ya no es una promesa, sino una realidad tangible. Su papel en la reducción de costes, la optimización de diseños y la autosuficiencia en órbita convierte a esta técnica en uno de los pilares del futuro de la exploración espacial europea y mundial.

[1] AddUp Newsdesk, 2024, AddUp and Airbus Deliver the First Metal 3D Printer to Operate in Space to the European Space Agency.
[2] The European Space Agency, 2024, Primera impresión 3D en metal en la Estación Espacial Internacional
[3] The European Space Agency, 2024, N° 49–2024: ESA 3D prints first metal part on the International Space Station

# Últimos desarrollos en Fabricación Aditiva en **CATEC**

El recorrido de CATEC en Fabricación Aditiva metálica se ha ido construyendo paso a paso a través de distintos proyectos de I+D, que reflejan cómo la tecnología ha madurado en los últimos años.

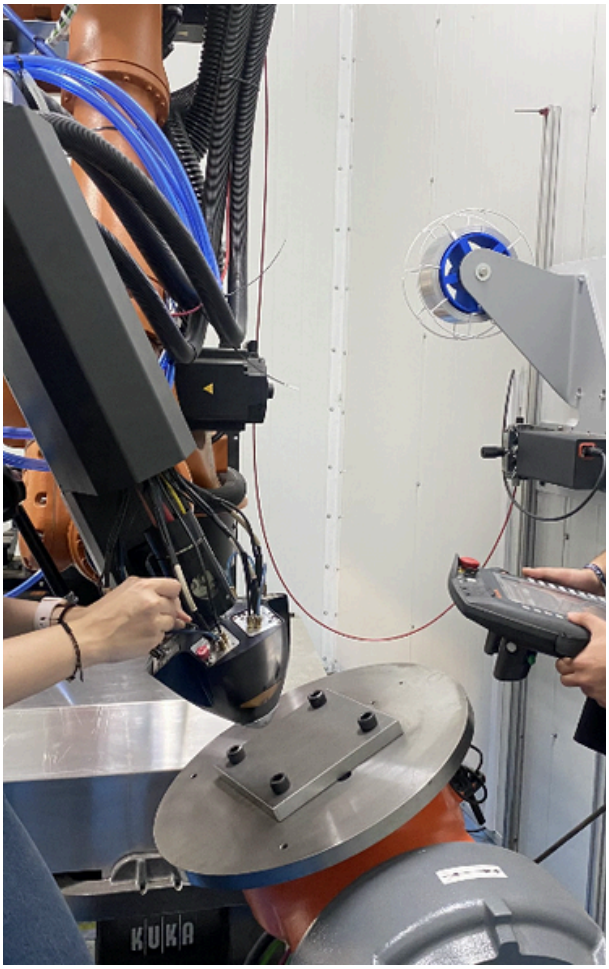
La primera gran apuesta fue **CEFAM,** ejecutado entre 2020 y 2023, (proyecto Red de Excelencia Cervera financiado por CDTI[4]) que estableció una auténtica red de excelencia en Fabricación Aditiva. En él se investigaron desde polvos metálicos innovadores —aleaciones de aluminio, titanio, cobre, superaleaciones de níquel, aceros especiales— hasta diferentes tecnologías de procesado, como la fusión selectiva por láser (SLM), la deposición directa de energía (LMD/DED), el haz de electrones (EBM) o la fabricación con hilo y arco (WAAM). Para CATEC, CEFAM supuso cimentar sus capacidades en toda la cadena de valor: diseño, procesado, post-procesado y ensayos avanzados.



*Piezas fabricadas por tecnología DED durante el desarrollo del proyecto CEFAM*

[4] Centro para el Desarrollo Tecnológico y la Innovación

Con esa base, en 2023 arrancó **ADELA**, (proyecto en Colaboración Público-Privada financiado por la Agencia Estatal de Investigación (AEI)) centrado en un reto concreto y estratégico: demostrar la fabricabilidad de **aleaciones de aluminio** mediante Directed Energy Deposition (DED) para piezas de gran tamaño, ligeras y de geometría compleja. El papel de CATEC está centralizado en desarrollar y parametrizar el proceso láser, fabricar los demostradores y aplicar sistemas de monitorización inteligente para detectar defectos en tiempo real.




*Cabezal MELTIO para la Fabricación Aditiva metálica mediante tecnología DED-LB (Directed Energy Deposition - Laser Beam) unido a un brazo robótico KUKA para aportar grados de libertad al movimiento del cabezal.*

Un año antes, dio comienzo el proyecto **CLASCO** (financiado por el programa Horizon Europe de la Comisión europea y enmarcado en el clúster 4) que continuará su desarrollo hasta 2026. Este proyecto tiene como objetivo la funcionalización de piezas, elaboradas por fabricación 3D, mediante un pulido láser y patrones de interferencias (con el proceso de sensorización correspondiente); de esta forma se reduce la necesidad de recubrimientos y tratamientos químicos posteriores.

Se trata de un proyecto de alto impacto internacional liderado por la Universidad Técnica de Dresden y con la participación de entidades como UK Research and Innovation o Steinbeis Europa Zentrum.

Ya en 2024, el foco se amplió hacia la optimización de procesos complejos de fabricación. Con **METALIA** (perteneciente al programa TransMisiones financiado por CDTI y la AEI), CATEC y sus socios trabajan en aplicar inteligencia artificial a la Fabricación Aditiva metálica. El objetivo es convertir los datos generados durante la producción en conocimiento útil para ajustar parámetros, reducir fallos y hacer más eficiente todo el ciclo, desde la materia prima hasta la pieza final.

Ese mismo año tuvo lugar el cierre de **IMPULSO F3** (perteneciente al programa Agrupaciones Empresariales Innovadoras financiado por el Ministerio de Industria y Turismo), la tercera fase de un programa que buscaba validar industrialmente la impresión 3D en sectores de máxima exigencia como el espacial. En este proyecto la aportación de CATEC se centró en fabricar y calificar componentes conforme a los estándares de vuelo, asegurando calidad y fiabilidad para su uso en misiones espaciales.

*Cámara para Fabricación Aditiva mediante tecnología de PBF (Powder Bed Fusion) y muestrario de piezas fabricadas para el proyecto JUICE.*

En paralelo, también en 2024, arrancó **MADISON** (proyecto Red de Excelencia Cervera financiado por CDTI), que da continuidad a la experiencia de CEFAM. Esta vez, además de trabajar con nuevas materias primas y perfeccionar procesos, se incorporan dos retos clave para el futuro: la **digitalización** y la **sostenibilidad**. En concreto se planteó la realización de las siguientes 6 acciones principales:

1. Desarrollo de la materia prima de **5 tipos diferentes de materiales metálicos** a través de la simulación y fabricación de polvos y la aditivación de la materia prima.
2. **Mejoras incrementales sobre las tecnologías** de FA para procesar la materia prima desarrollada.
3. Análisis y propuesta de **mejoras en la procesabilidad** del material en función de diferentes condiciones de proceso, en los postprocesos y en los métodos de caracterización fisicoquímica de las piezas fabricadas.
4. Diseño de **metodologías de predicción y desarrollo de modelos digitales** de los procesos para reducir el tiempo y los recursos destinados a obtener las condiciones de fabricación óptimas.
5. Desarrollo de metodologías y tecnologías de **inspección no destructiva** aplicables a nuevos materiales.
6. **Análisis de la sostenibilidad** de los nuevos, o mejorados, procesos de FA en términos de procesabilidad, funcionalidad del material, consumos, eficiencia energética, emisiones a lo largo del ciclo de vida, así como la reciclabilidad de los materiales.

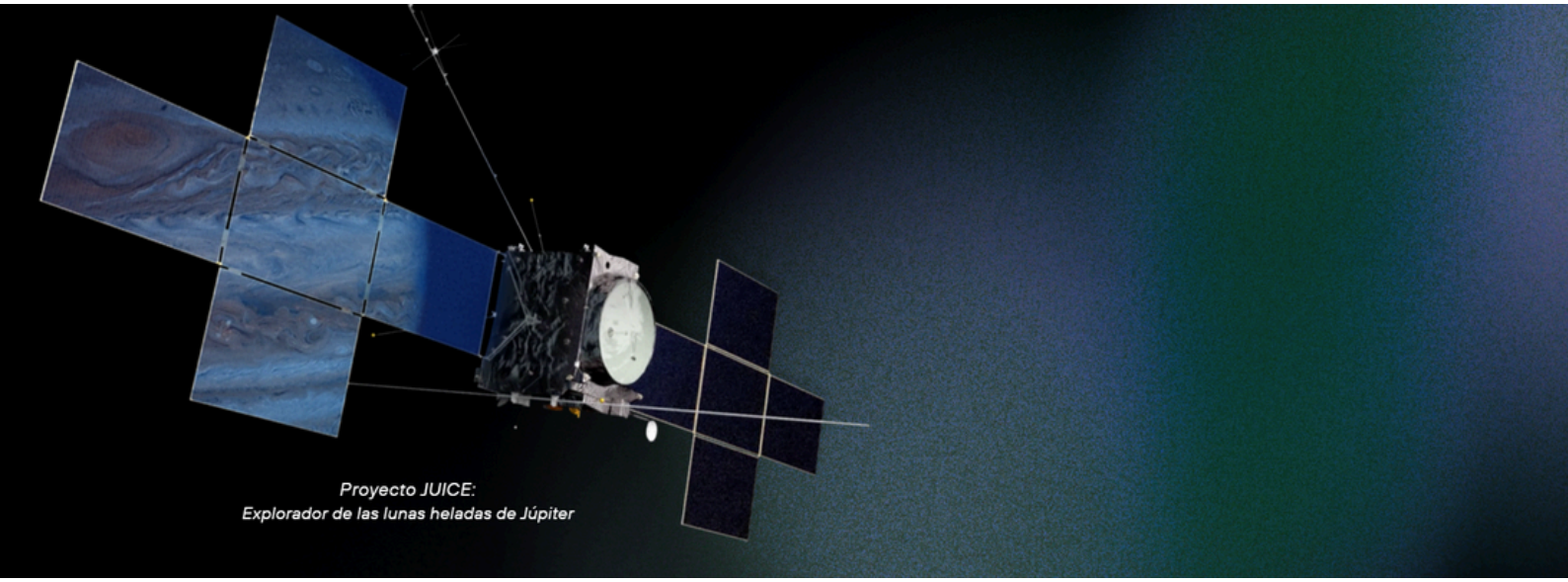
CATEC, con este proyecto, contribuye en la calificación de procesos, la definición de normas de diseño específicas para Fabricación Aditiva, la caracterización de materiales y la puesta en marcha de demostradores industriales, así como a la formación y atracción de talento junto a la transferencia de conocimiento y diseminación de los resultados.

Finalmente, a finales de 2024 comenzó **HIDEA** (proyecto en Colaboración Público-Privada financiado por la AEI), que representa la frontera más avanzada: combinar la tecnología DED multiláser de MELTIO con estrategias híbridas, es decir, integrar procesos aditivos y sustractivos, trabajar con multimateriales y automatizar la monitorización de defectos en piezas de gran complejidad.

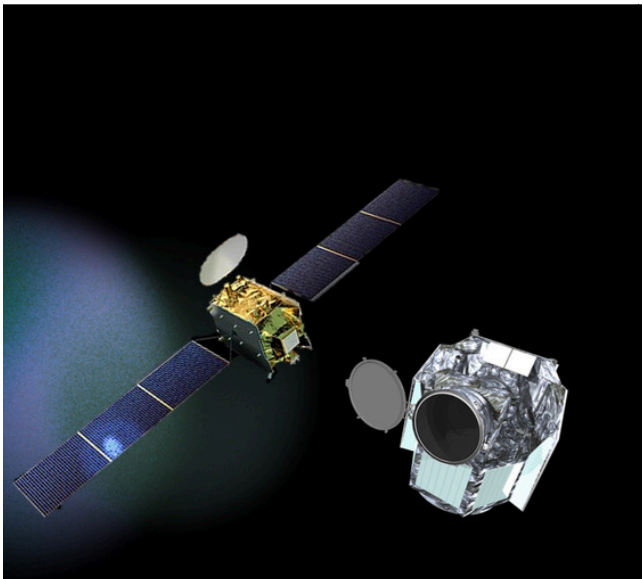
CATEC participa desarrollando el sistema híbrido, caracterizando materiales como titanio y acero inoxidable, y aplicando técnicas de monitorización inteligente.

Este recorrido demuestra que CATEC no solo es uno de los principales agentes en cuanto al desarrollo de tecnologías de Fabricación Aditiva metálica en laboratorio, sino que también lidera su transferencia a la industria, aportando soluciones para sectores estratégicos como el aeroespacial, el naval o el ferroviario.

## CATEC en el **Espacio**



*Proyecto JUICE:*
*Explorador de las lunas heladas de Júpiter*



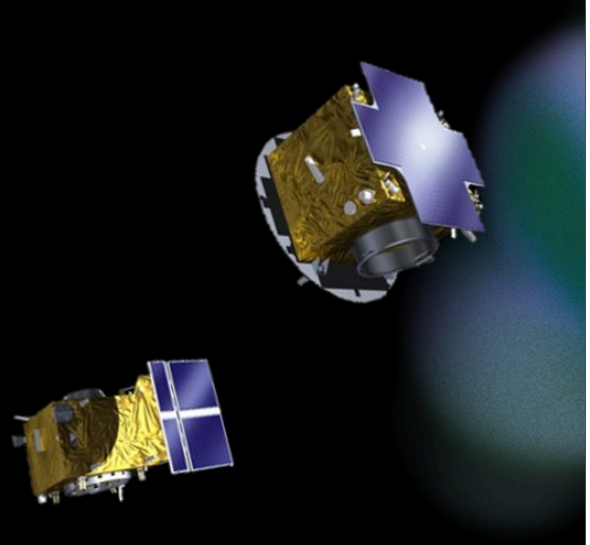
*Proyectos QUANTUM y CHEOPS*

CATEC lleva jugando un papel principal en los últimos años en el ecosistema español del sector espacio; ha colaborado con grandes agentes del conocimiento y líderes empresariales en el desarrollo de diferentes proyectos y misiones espaciales aportando su conocimiento y dilatada experiencia en diferentes tipos de soluciones y tecnologías, como la robótica, la IA, las tecnologías de telecomunicación, o los ensayos para la validación de componentes. Sin embargo, destaca especialmente en la fabricación de piezas para estas misiones mediante tecnologías de Fabricación Aditiva.

Dado el alto nivel de requerimientos técnicos de estas piezas o componentes, la técnica más empleada hasta la fecha es mediante fusion en lecho de cama de polvo o Powder Bed Fusion (PBF), aunque a día de hoy la aplicación de DED está siendo una gran solución para la obtención de fabricaciones de gran formato. En los últimos años, CATEC ha participado en numerosas misiones en cooperación en las que ha elaborado multitud de piezas que han sido lanzadas al espacio. Algunas de estas misiones son:

En 2019, CATEC participó en el proyecto **CHEOPS**, primera misión espacial dedicada a estudiar (observación de alta precisión) estrellas brillantes y cercanas de las que ya se conoce que albergan exoplanetas. CATEC llevó a cabo, junto a CITD y AIRBUS, el desarrollo de herramientas de elevación de paneles solares. Posteriormente, en el año 2021, se lanzó al espacio el satélite **QUANTUM**. Se trata del primer satélite comercial que permite a los usuarios de los mercados gubernamentales, de movilidad y de datos definir y dar forma activamente al rendimiento y alcance que necesitan de un satélite. CATEC llevó a cabo, junto a AIRBUS, la fabricación de un soporte para el montaje de paneles solares para su autosuficiencia energética, fabricado en titanio mediante FA de tipo PBF, lo que conseguía una reducción del peso de la pieza. En 2023, participó en una de las misiones espaciales más importantes llevadas a cabo en Europa: el proyecto JUpiterICy moons Explorer (JUICE) de la ESA. JUICE es el explorador de lunas heladas de Júpiter de la ESA, que tiene como objetivo realizar observaciones del planeta gaseoso gigante y sus tres grandes lunas oceánicas (Ganimedes, Calisto y Europa), caracterizándolo como objetos planetarios y posibles hábitats, y lo explorará como arquetipo de los gigantes gaseosos en todo el Universo. Se trata de un viaje de **siete años y medio** y unos **650.000.000 km** de distancia con respecto a la Tierra. CATEC colaboró con CITD en la fabricación de las primeras estructuras primarias lanzadas a tanta distancia que se hubieran fabricado por FA.

Ya en 2024, fue lanzado al espacio el satélite **PROBA3** de la ESA. El PROBA3 se dedica a la demostración de tecnologías y técnicas para el vuelo en formación de satélites de alta precisión. Consiste en dos pequeños satélites lanzados juntos que se separarán para volar en tándem, con el fin de prepararse para futuras misiones multisatélite que vuelen como una estructura virtual. En este proyecto CATEC jugó un papel fundamental al llevar a cabo, junto a TRYO AEROSPACE, el desarrollo de una antena helicoidal en aleación de aluminio.



*Proyecto PROBA3*

Es importante reseñar que algunos de estos desarrollos se realizaron antes de que la ESA publicase el estándar ECSS-Q-ST-70-80C, que representa el referente europeo para los procesos de fabricación aditiva y su control de calidad en piezas para espacio. CATEC participó en los grupos de trabajo que ayudaron a construir el estándar y avanzar hacia el uso más general de la tecnología de fabricación aditiva.

A continuación, se aporta el orden cronológico de estos proyectos espaciales en los que ha participado CATEC:

| Misión | Pieza | Material | Año de lanzamiento |
|---|---|---|---|
| CHEOPS | Herramientas de elevación | Aleación de aluminio | 2019 |
| QUANTUM | Soporte para el montaje de paneles solares | Ti6Al4V | 2021 |
| JUICE | Estructura primaria y secundaria | Scalmalloy ® | 2023 |
| PROBA3 | Antena helicoidal | AlSi10Mg | 2024 |

**“En 2016 fabricamos 11 brackets, junto con Airbus y la ESA, que están volando ahora rumbo a Júpiter. JUICE es el proyecto estrella de CATEC en fabricación aditiva”**

Antonio Periñán - Responsable de la Unidad de Fabricación Aditiva de CATEC.

Las piezas de la misión JUICE se lanzaron finalmente al espacio en el año 2023

# Retos **Futuros**

## Investigación

· Continuar con la caracterización de nuevos materiales y el estudio de nuevas soluciones de diseño y fabricación que aporten alternativas mejoradas.

· Avanzar en el modelado del proceso (mediante modelos físicos y de datos) para predecir y evitar potenciales problemas.

· Alcanzar el control en línea del proceso y avanzar hacia 'cero defectos'.

## Transferencia

Seguir transfiriendo el conocimiento generado para conseguir un tejido industrial más competitivo y a la vanguardia de la I+D+i.

## Desarrollo del ecosistema

Potenciar, junto a la industria, el posicionamiento regional y nacional en materia de fabricación y espacio.

CATEC
eco aero
GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE CIENCIA, INNOVACIÓN Y UNIVERSIDADES
CDTI INNOVACIÓN
Financiado por la Unión Europea
NextGenerationEU
Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia